

Arsitektur Tata Kelola Risiko Keamanan Terintegrasi ISPS Code, UNCLOS, dan Barang Berbahaya di Pelabuhan Minyak

Kaukab Habibullah^{1*}, Nefra Firdaus², Yuniar³, Hari Dolli Hutabarat⁴, Lukman Yudho Prakoso⁵, Abbdul Rivai Ras⁶, Dyan Primana Sobaruddin⁷

Program Studi Magister Keamanan Maritim, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
E-mail: kaukab.habibullah@kn.idu.ac.id^{1*}, nefra.firdaus@idu.ac.id², harri.dolli@idu.ac.id³,
yuniar@idu.ac.id⁴, kamaledumplek@gmail.com

Article History:

Received: 12 Juli 2026

Revised: 29 September 2026

Accepted: 10 Oktober 2026

Keywords: ISPS Code, UNCLOS, pelabuhan minyak, barang berbahaya, tata kelola risiko, keamanan maritim

Abstract: Keamanan pelabuhan minyak tidak dapat bertumpu pada satu instrumen hukum. Penelitian ini bertujuan menganalisis bagaimana ISPS Code, UNCLOS, dan pengelolaan barang berbahaya dapat diintegrasikan ke dalam tata kelola risiko pelabuhan minyak. Metode yang digunakan adalah analisis tematik kualitatif terhadap literatur ilmiah, instrumen hukum internasional, dan regulasi nasional, tanpa data lapangan primer. Analisis menghasilkan tujuh tema: pembagian fungsi instrumen hukum, keamanan berbasis risiko, penyebab risiko barang berbahaya, keterpaduan keamanan dan keselamatan, teknologi dan ancaman siber, fragmentasi kelembagaan, serta ketahanan pelabuhan. Hasilnya menunjukkan bahwa UNCLOS menyediakan kerangka yurisdiksi dan perlindungan lingkungan laut, ISPS Code mengatur keamanan fasilitas pelabuhan, sedangkan IMDG Code dan MARPOL mengatur aspek teknis barang berbahaya dan pencemaran. Ketiganya belum dihubungkan oleh mekanisme tata kelola yang terpadu. Penelitian ini mengusulkan kerangka tujuh tingkat yang menghubungkan landasan hukum, rezim keamanan, tata kelola fasilitas, manajemen risiko, pengendalian barang berbahaya, teknologi, dan respons. Kerangka ini bersifat konseptual dan memerlukan validasi melalui studi kasus terminal minyak di Indonesia.

PENDAHULUAN

Pelabuhan minyak menghubungkan jalur pelayaran dengan rantai pasok energi. Di satu lokasi terkumpul dermaga, kapal tanker, tangki timbun, dan jaringan pipa, sehingga satu gangguan dapat merambat ke fasilitas lain. Kajian pada kawasan industri kimia, yang juga tergolong infrastruktur kritis, memperlihatkan bahwa serangan yang disengaja dapat memicu efek domino, dan bahwa penghalang keselamatan dapat mengurangi konsekuensi serta daya tarik sasaran bagi pelaku (Chen, Reniers, & Khakzad, 2019). Temuan tersebut berasal dari kawasan

industri kimia sehingga dibaca sebagai analogi bagi pelabuhan minyak, bukan sebagai bukti langsung.

Pelabuhan minyak berbeda dari pelabuhan barang umum dalam satu hal yang penting bagi analisis keamanan: muatan mudah terbakar terkonsentrasi pada satu lokasi yang bersentuhan langsung dengan perairan. Antarmuka kapal dan darat, yaitu titik ketika muatan berpindah dari tanker ke tangki timbun atau sebaliknya, mempertemukan kegiatan pelayaran dengan fasilitas industri. Di titik itu aturan tentang kapal dan aturan tentang fasilitas pelabuhan bertemu, dan pihak yang bertanggung jawab berasal dari lembaga yang berbeda. Pengamatan ini bersifat konseptual. Ia menjadi dasar pertanyaan penelitian dan bukan temuan empiris.

Risiko di pelabuhan minyak bersumber dari tiga hal yang berbeda. Ancaman yang disengaja, seperti sabotase, akses tidak sah, dan serangan siber, termasuk ranah keamanan (*security*). Kecelakaan operasional, seperti kebakaran, ledakan, dan kesalahan penanganan kargo, termasuk ranah keselamatan (*safety*). Pencemaran laut dan kerusakan ekosistem adalah konsekuensi lingkungan yang dapat timbul dari keduanya. Penelitian tentang kargo berbahaya di lingkungan pelabuhan menemukan bahwa faktor manusia dan manajemen merupakan kontributor terbesar kecelakaan, sehingga kualifikasi dan pelatihan tenaga kerja serta protokol keselamatan yang ketat menjadi kebutuhan (Khan, Yin, & Mustafa, 2021a). Dari sisi deteksi, kuesioner terhadap 25 pakar menempatkan kemampuan deteksi sebagai kriteria utama keselamatan penanganan barang berbahaya di pelabuhan, disusul kemampuan pemulihan, penyelamatan, dan ketahanan (Tseng & Pilcher, 2023). Pada ancaman siber, penilaian risiko di sebuah pelabuhan peti kemas menunjukkan bahwa risiko pada skenario serangan yang dikaji tergolong tidak dapat diterima (Gunes, Kayisoglu, & Bolat, 2021). Senarak (2024) membahas 15 studi kasus serangan siber terhadap pelabuhan yang terjadi pada 2011 sampai 2023. Survei pada operator pelabuhan peti kemas di Thailand mengaitkan kelemahan faktor manusia, infrastruktur, dan prosedur dengan jenis ancaman siber yang berbeda, dan menyarankan penerapan prosedur berbasis ISPS Code secara ketat (Senarak, 2021b).

International Ship and Port Facility Security Code (ISPS Code) disusun sebagai tanggapan atas ancaman terhadap kapal dan fasilitas pelabuhan setelah peristiwa 11 September 2001 dan dijalankan melalui Bab XI-2 *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS). Bagian A kode ini bersifat wajib, sedangkan Bagian B berisi pedoman. ISPS Code mewajibkan penilaian keamanan fasilitas pelabuhan (*Port Facility Security Assessment*, PFSA), rencana keamanan fasilitas pelabuhan (*Port Facility Security Plan*, PFSP), penunjukan petugas keamanan fasilitas pelabuhan (*Port Facility Security Officer*, PFSO), dan penerapan tingkat keamanan (International Maritime Organization [IMO], 2003).

Kerangka hukum yang lebih luas disediakan oleh *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS) yang mengatur yurisdiksi negara pantai, hak lintas, dan perlindungan lingkungan laut (United Nations, 1982). UNCLOS bukan kode keamanan pelabuhan dan tidak mengatur operasi barang berbahaya di dalam pelabuhan minyak secara rinci. Pengaturan teknis barang berbahaya yang diangkut dalam kemasan melalui laut berada pada *International Maritime Dangerous Goods* (IMDG) Code, sedangkan pencegahan pencemaran dari kapal berada pada *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships* (MARPOL) (IMO, 1978, 2024).

Persoalan berikutnya bersifat kelembagaan. Afriansyah, Imanuel, dan Darmawan (2024) menunjukkan bahwa banyaknya lembaga penegak hukum di perairan Indonesia membuat otoritas terfragmentasi dan lemah. Palupi (2019) mencatat sekitar 17 peraturan yang mengatur kewenangan di laut dan 13 lembaga atau kementerian penegak hukum di laut, sehingga tumpang tindih kerap terjadi. Badan Keamanan Laut (Bakamla) dibentuk untuk menyinergikan penegakan

hukum di laut, tetapi kinerja kelembagaannya masih rendah. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2014 memberi Bakamla kewenangan yang luas, termasuk mengintegrasikan sistem informasi keamanan dan keselamatan, dengan maksud mengubah paradigma dari multi-agency multi-task menjadi single-agency multi-task (Kurniaty, Suryokumoro, & Widagdo, 2021). Prasetia, Kuncoro, Kartono, dan Soepriyanto (2026) menempatkan Bakamla sebagai badan koordinasi pusat dalam sistem keamanan maritim yang terfragmentasi, dan menemukan bahwa relasi antarorganisasi serta adopsi teknologi informasi meningkatkan kinerja aliansi strategis.

Literatur yang dikaji memperlihatkan pola berikut. Risiko barang berbahaya di pelabuhan banyak dianalisis dengan model probabilistik, penilaian pakar, atau kuesioner (Khan dkk., 2021a, 2021b, 2024; Tseng & Pilcher, 2023). Risiko siber dikaji pada pelabuhan peti kemas dan sektor maritim secara lebih luas (Alcaide & Llave, 2020; Badea, Bucovetchi, Gheorghe, & Raicu, 2025; Bolbot, Kulkarni, Brunou, Banda, & Musharraf, 2022; Gunes dkk., 2021; Senarak, 2021a, 2021b, 2024). Integrasi sumber daya keselamatan dan keamanan dikaji pada kawasan industri kimia (Chen dkk., 2019). Ketahanan dikaji dari sisi gangguan dan kerangka analisis (Gu & Liu, 2023; Lau, Chen, Poo, Ng, & Ying, 2024; Mohsendokht dkk., 2025; Verschuur, Koks, & Hall, 2020). Tata kelola kelembagaan maritim Indonesia dikaji pada tingkat badan penegak hukum (Afriansyah dkk., 2024; Kurniaty dkk., 2021; Palupi, 2019; Prasetia dkk., 2026). Dalam korpus yang dapat diverifikasi pada penelitian ini, belum ada kajian yang menghubungkan tatanan hukum internasional (UNCLOS, SOLAS, ISPS Code, IMDG Code, dan MARPOL) dengan tata kelola risiko pelabuhan minyak dalam satu kerangka. Pernyataan ini terbatas pada korpus tersebut dan bukan klaim bahwa kajian semacam itu tidak ada di tempat lain. Celah ini penting karena tanpa penghubung, setiap instrumen dijalankan sebagai kepatuhan yang terpisah, sementara risiko di pelabuhan minyak melintasi batas instrumen.

Penelitian ini menempatkan diri pada celah tersebut dengan satu pergeseran sudut pandang. Alih-alih menilai kepatuhan terhadap satu instrumen, penelitian ini bertanya bagaimana instrumen yang berbeda fungsi dapat dihubungkan pada tingkat fasilitas. Pergeseran ini penting karena kegagalan tata kelola sering muncul pada sambungan antarinstrumen dan antarlembaga, bukan di dalam satu instrumen. Pertanyaan ini juga relevan bagi pembuat kebijakan di Indonesia yang harus menjalankan kewajiban internasional melalui banyak lembaga (Afriansyah dkk., 2024; Kurniaty dkk., 2021).

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini menjawab empat pertanyaan berikut.

RQ1. Bagaimana ISPS Code menyusun tata kelola keamanan berbasis risiko pada fasilitas pelabuhan minyak?

RQ2. Apa peran UNCLOS dalam arsitektur hukum internasional yang melingkupi keamanan pelabuhan minyak?

RQ3. Bagaimana pengelolaan barang berbahaya dapat diintegrasikan ke dalam tata kelola keamanan pelabuhan minyak?

RQ4. Kerangka tata kelola terpadu apa yang dapat memperkuat pencegahan, deteksi, respons, dan pemulihan terhadap risiko terkait barang berbahaya di pelabuhan minyak?

Tujuan penelitian ini adalah menelaah struktur keamanan berbasis risiko dalam ISPS Code, menganalisis peran UNCLOS dalam arsitektur hukum yang melingkupinya, mengidentifikasi titik integrasi pengelolaan barang berbahaya, dan mengembangkan kerangka tata kelola terpadu. Kontribusi penelitian ada pada tiga tingkat. Secara teoretis, penelitian ini menempatkan keamanan, keselamatan, dan perlindungan lingkungan dalam satu arsitektur tanpa meleburkan ketiganya. Secara kebijakan, penelitian ini menunjukkan titik temu antarinstrumen yang perlu diharmonisasikan. Secara operasional, penelitian ini memberi dasar bagi otoritas pelabuhan dan operator terminal untuk menyusun pembagian peran yang lebih jelas.

.....

Artikel ini disusun sebagai berikut. Landasan teori menjelaskan konsep keamanan maritim, pemisahan keamanan, keselamatan, dan perlindungan lingkungan, kerangka analisis risiko, serta ketahanan. Bagian metode menguraikan desain, strategi pencarian, seleksi sumber, dan analisis tematik. Bagian hasil dan pembahasan menyajikan hasil pengodean, analisis instrumen hukum, analisis ISPS Code dan UNCLOS, risiko barang berbahaya, kelembagaan dan teknologi, kerangka tujuh tingkat, dan implikasi kebijakan. Kesimpulan menjawab pertanyaan penelitian dan menyatakan keterbatasan.

LANDASAN TEORI

Bueger (2015) menunjukkan bahwa keamanan maritim belum memiliki definisi yang disepakati secara internasional dan lebih tepat dipahami lewat kerangka pemetaan. Pertama, keamanan maritim dibaca dalam matriks hubungannya dengan konsep lain, seperti keselamatan laut, kekuatan laut, ekonomi biru, dan ketahanan. Kedua, kerangka sekuritisasi dipakai untuk menelaah bagaimana ancaman maritim dibentuk dan klaim politik apa yang menyertainya. Ketiga, teori praktik keamanan dipakai untuk menelaah apa yang sebenarnya dilakukan aktor ketika mereka menyatakan meningkatkan keamanan maritim. Penelitian ini memakai matriks Bueger terutama untuk memperlakukan keselamatan laut dan ketahanan sebagai konsep yang berhubungan dengan keamanan, bukan sebagai konsep yang identik.

Dalam penelitian ini, keamanan (*security*) dimaknai sebagai perlindungan terhadap ancaman yang disengaja. Keselamatan (*safety*) dimaknai sebagai pencegahan bahaya yang tidak disengaja dan bersumber dari operasi. Perlindungan lingkungan dimaknai sebagai pencegahan dan pembatasan konsekuensi terhadap lingkungan laut. Ketiganya berinteraksi, tetapi tidak diperlakukan sebagai hal yang sama. Interaksi itu tampak pada kajian Chen dkk. (2019) yang menggabungkan langkah keamanan, penghalang keselamatan, dan respons darurat dalam satu model untuk menekan risiko serangan terhadap instalasi.

Ketahanan (*resilience*) dalam matriks Bueger (2015) termasuk konsep yang berhubungan dengan keamanan maritim, dan ketahanan transportasi maritim kini menjadi bidang kajian tersendiri (Gu & Liu, 2023). Lau dkk. (2024) menelaah 735 makalah tentang topik ini yang terbit pada 1997 sampai 2023. Tinjauan kritis oleh Mohsendokht dkk. (2025) menyimpulkan bahwa analisis ketahanan pelabuhan laut masih berada pada tahap awal, dengan tumpang tindih besar antarkerangka dan kemiripan konseptual yang tinggi. Pada gangguan akibat bencana alam, Verschuur, Koks, dan Hall (2020) menemukan bahwa seluruh kejadian yang mereka analisis memengaruhi beberapa pelabuhan sekaligus. Penelitian ini memakai ketahanan sebagai hasil akhir kerangka, yaitu kemampuan menahan, merespons, dan memulihkan diri, tanpa mengusulkan ukuran ketahanan baru.

Analisis risiko dalam penelitian ini memakai urutan bahaya, kerentanan, paparan, konsekuensi, dan mitigasi. Bahaya adalah sumber potensi kerugian, seperti muatan mudah terbakar atau pihak yang berniat menyerang. Kerentanan adalah kelemahan yang memungkinkan bahaya menjadi insiden, seperti akses yang tidak terkendali atau kesalahan penanganan. Paparan menunjuk pada orang, aset, dan lingkungan yang terkena. Konsekuensi adalah dampak yang timbul, dan mitigasi adalah tindakan yang memutus atau melemahkan rantai itu. Urutan ini merupakan perangkat analitis penulis. Perangkat ini dipakai agar temuan dari kajian keselamatan, siber, dan keamanan dapat dibaca dalam bahasa yang sama. Kajian Khan dkk. (2021a, 2021b, 2024) dan Chen dkk. (2019) bekerja dengan logika yang mirip, yaitu menelusuri faktor penyebab menuju konsekuensi dan menempatkan penghalang di antaranya.

Tata kelola terpadu dipahami sebagai pengaturan yang menghubungkan aturan, lembaga, dan praktik operasional sehingga tanggung jawab tidak berhenti pada batas instrumen atau batas

lembaga. Fragmentasi adalah kebalikannya: aturan dan kewenangan tersebar sehingga koordinasi bergantung pada upaya tambahan. Afriansyah dkk. (2024) dan Prasetya dkk. (2026) memakai gagasan serupa untuk menjelaskan keamanan laut Indonesia, dengan Bakamla sebagai upaya sinergi. Penelitian ini memindahkan gagasan tersebut ke tingkat fasilitas pelabuhan, dengan pengakuan bahwa pemindahan itu bersifat ekstrapolasi.

Hubungan antarinstrumen hukum dibaca sebagai komplementaritas fungsi. UNCLOS menetapkan kewenangan dan kewajiban umum, SOLAS dan ISPS Code menetapkan standar keselamatan dan keamanan kapal serta fasilitas, IMDG Code menetapkan standar teknis kargo berkemasan, dan MARPOL menetapkan standar pencegahan pencemaran dari kapal (IMO, 1974, 1978, 2003, 2024; United Nations, 1982). Komplementaritas tidak sama dengan keterpaduan. Instrumen yang saling melengkapi tetap dapat dijalankan terpisah oleh lembaga yang berbeda, dan pada titik itulah celah tata kelola muncul.

METODE PENELITIAN

Desain penelitian. Penelitian ini merupakan analisis tematik kualitatif terhadap literatur ilmiah, instrumen hukum internasional, regulasi nasional, dan publikasi lembaga yang berwenang. Pendekatan ini dipilih karena pertanyaan penelitian menuntut sintesis konsep, hubungan antarinstrumen, dan pola tata kelola, bukan pengukuran. Penelitian ini tidak memuat wawancara, survei, observasi lapangan, analisis statistik, maupun penilaian risiko kuantitatif. Karena itu, penelitian ini tidak mengklaim sebagai penelitian empiris. Alur penelitian disajikan pada Gambar 1.

Strategi pencarian. Literatur ilmiah ditemukan melalui Consensus, kemudian metadata bibliografis diperiksa pada laman penerbit, repositori institusi, dan direktori jurnal akses terbuka. Pencarian dilakukan pada Oktober 2026 dengan kombinasi kata kunci berbahasa Inggris, antara lain "ISPS Code" AND "port facility security", "maritime security" AND concept, "hazardous cargo" AND "port risk assessment", "cybersecurity" AND "port", "oil storage tank" AND "domino effect" AND terrorism, "port facility security officer" AND cybersecurity, "port cyberattacks" AND review, "port resilience" AND review, serta "Indonesia maritime security governance" AND Bakamla. Ringkasan kriteria disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 merangkum basis data, periode pencarian dan publikasi, kata kunci, kriteria inklusi dan eksklusi, serta cara verifikasi sumber yang dipakai dalam penelitian ini.

Tabel 1. Kriteria Pencarian dan Seleksi Sumber

Kriteria	Spesifikasi
Basis data	Consensus untuk penemuan literatur; laman penerbit, repositori institusi, dan direktori jurnal akses terbuka untuk verifikasi metadata
Periode pencarian	Oktober 2026
Periode publikasi	Prioritas 2015 sampai 2026; sumber teoretis, metodologis, dan hukum yang lebih lama dipakai bila menjadi rujukan dasar
Kata kunci	ISPS Code dan keamanan fasilitas pelabuhan; konsep keamanan maritim; risiko kargo berbahaya di pelabuhan; keamanan siber pelabuhan dan PFSO; ketahanan pelabuhan; efek domino tangki timbun dan terorisme; tata kelola keamanan maritim Indonesia dan Bakamla
Kriteria inklusi	Artikel jurnal bertinjauan sejawat atau instrumen resmi; relevan langsung dengan keamanan pelabuhan, barang berbahaya, kerangka hukum maritim, atau tata kelola kelembagaan; metadata dapat dikonfirmasi
Kriteria eksklusi	Sumber tanpa metadata yang dapat dikonfirmasi; situs komersial, blog, dan

Kriteria	Spesifikasi
	ensiklopedia daring; cetak; sumber yang hanya relevan pada judul
Verifikasi sumber	Judul, penulis, jurnal, tahun, volume, nomor artikel atau halaman, dan DOI dikonfirmasi pada sedikitnya satu laman penerbit, repositori, atau direktori jurnal; sumber yang tidak terkonfirmasi dikeluarkan

Sumber: metodologi penelitian ini.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa pencarian bersifat terarah dan bukan penelusuran menyeluruh. Pembatasan pada sumber yang metadatanya dapat dikonfirmasi membuat cakupan literatur menjadi sempit, tetapi menjaga keterlacakan setiap klaim. Konsekuensinya, temuan harus dibaca sebagai analisis atas korpus terverifikasi dan bukan sebagai ringkasan seluruh kepustakaan.

Seleksi sumber dan verifikasi. Sumber ilmiah dipertahankan jika berupa artikel jurnal bertinjauan sejawat, relevan langsung dengan salah satu fokus penelitian, dan seluruh metadata bibliografisnya dapat dikonfirmasi. Sumber yang penulis, volume, atau nomor artikelnya tidak dapat dikonfirmasi dikeluarkan dari daftar referensi, meskipun hal ini menyebabkan jumlah sumber lebih sedikit daripada target. Korpus analisis akhir terdiri atas 27 entri pada Daftar Referensi: 22 artikel ilmiah (20 artikel jurnal, termasuk satu artikel metodologis, dan dua makalah prosiding) serta lima instrumen hukum internasional. Artikel ilmiah mencakup sekitar 81% dari seluruh sumber. Jumlah ini mencerminkan hasil verifikasi dan tidak boleh dibaca sebagai cakupan seluruh literatur. Pembacaan atas sumber ilmiah bersandar pada abstrak dan bagian teks yang tersedia secara terbuka. Pembacaan teks lengkap untuk setiap sumber belum dilakukan.

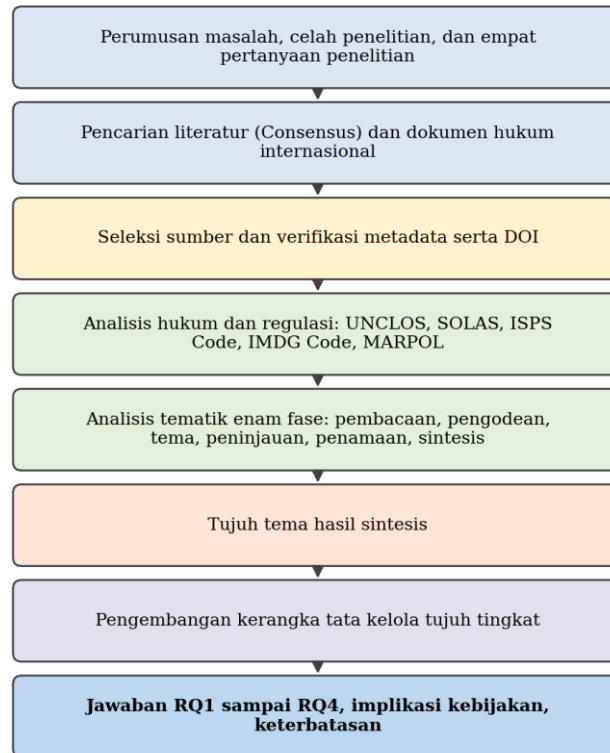
Analisis hukum dan regulasi. UNCLOS, SOLAS, ISPS Code, IMDG Code, dan MARPOL ditelaah berdasarkan tujuan, lingkup, dan hubungan antarinstrumen, dengan membedakan dimensi keamanan, keselamatan, dan lingkungan. Penelaahan tidak mengevaluasi putusan pengadilan maupun praktik negara tertentu.

Analisis tematik. Analisis mengikuti enam fase yang dirumuskan Braun dan Clarke (2006) dan disesuaikan untuk data berupa dokumen. Fase tersebut adalah (1) pembacaan berulang atas sumber, (2) pengodean awal, (3) pengelompokan kode menjadi calon tema, (4) peninjauan tema terhadap kode dan seluruh korpus, (5) pendefinisian dan penamaan tema, dan (6) penulisan sintesis. Pengodean dilakukan secara manual oleh penulis dan tidak melibatkan pengodean ganda oleh penelaah kedua. Tema dibiarkan muncul dari literatur dan tidak dipaksakan pada kategori yang ditetapkan sebelumnya. Hasil pengodean ringkas yang menghasilkan tujuh tema disajikan pada Tabel 2.

Keterlacakan dan etika. Tabel 2 pada bagian hasil memuat kode awal beserta sumbernya, sehingga pembaca dapat memeriksa asal setiap tema. Penelitian ini tidak melibatkan partisipan manusia sehingga tidak memerlukan persetujuan etik. Pengodean oleh satu orang membuat kesepakatan antarpenelaah tidak dapat diukur, dan hal ini diakui sebagai keterbatasan.

Pengembangan kerangka konseptual. Kerangka tata kelola disusun dengan menempatkan tema berdasarkan hubungan fungsionalnya: dasar hukum, rezim keamanan, pelaksana di fasilitas pelabuhan, manajemen risiko, pengendalian kargo, teknologi, dan respons. Kerangka ini merupakan hasil sintesis penulis, belum diuji secara empiris.

Gambar 1 merangkum urutan kerja penelitian. Penelitian dimulai dari perumusan masalah dan celah, dilanjutkan dengan pencarian literatur dan dokumen hukum, seleksi serta verifikasi sumber, analisis hukum, analisis tematik, sintesis tujuh tema, dan pengembangan kerangka, lalu ditutup dengan jawaban atas pertanyaan penelitian.



Gambar 1. Alur Penelitian

Sumber: Rancangan penelitian penulis.

Alur pada Gambar 1 menunjukkan dua hal. Pertama, verifikasi sumber ditempatkan sebelum analisis dan bukan sesudahnya, sehingga sumber yang tidak terkonfirmasi tidak ikut membentuk tema. Kedua, analisis hukum dan analisis tematik berjalan berdampingan lalu bertemu pada sintesis, karena instrumen hukum dibaca sebagai dokumen normatif dan literatur ilmiah dibaca sebagai bukti. Urutan ini membuat kerangka pada tahap akhir dapat ditelusuri kembali ke sumbernya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengodean tematik

Analisis tematik menghasilkan tujuh tema. Tabel 2 menyajikan tema, kode awal yang membentuknya, dan sumber pendukungnya. Tema disusun dari kode yang muncul berulang pada beberapa sumber dan bukan dari kategori yang ditetapkan sebelum pembacaan.

Tabel 2. Pengodean Tematik

Tema	Kode awal	Sumber pendukung
T1. Pembagian fungsi instrumen hukum	Yurisdiksi dan lingkungan laut; keamanan fasilitas; barang berbahaya dalam kemasan; pencemaran	United Nations (1982); IMO (1974, 1978, 2003, 2024)
T2. Keamanan berbasis risiko	Penilaian, rencana, petugas, tingkat keamanan	IMO (2003)

Tema	Kode awal	Sumber pendukung
T3. Penyebab risiko barang berbahaya	Faktor manusia, manajemen, pelatihan, regulasi, komunikasi, lingkungan sandar, kemampuan deteksi	Khan dkk. (2021a, 2021b, 2024); Tseng & Pilcher (2023)
T4. Keterpaduan keamanan dan keselamatan	Efek domino akibat serangan; penghalang keselamatan; respons	Chen dkk. (2019); Bueger (2015)
T5. Teknologi dan ancaman siber	Aset siber-fisik; risiko siber; kompetensi PFSO; adopsi teknologi informasi	Alcaide & Llave (2020); Badea dkk. (2025); Bolbot dkk. (2022); Gunes dkk. (2021); Praselia dkk. (2026); Senarak (2021a, 2021b, 2024)
T6. Fragmentasi kelembagaan	Tumpang tindih kewenangan; banyak peraturan dan lembaga; koordinasi; harmonisasi regulasi	Afriansyah dkk. (2024); Kurniaty dkk. (2021); Palupi (2019); Praselia dkk. (2026)
T7. Ketahanan pelabuhan	Kerangka ketahanan saling tumpang tindih; gangguan memengaruhi beberapa pelabuhan; pemulihan	Gu & Liu (2023); Lau dkk. (2024); Mohsendokht dkk. (2025); Verschuur dkk. (2020); Bueger (2015)

Sumber: analisis penulis berdasarkan literatur yang dikaji.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa dukungan sumber tidak merata. Tema penyebab risiko barang berbahaya (T3) dan tema teknologi dan ancaman siber (T5) ditopang beberapa artikel, sedangkan tema keamanan berbasis risiko (T2) bersandar pada satu dokumen hukum, yaitu ISPS Code (IMO, 2003). Perbedaan ini wajar karena T3 dan T5 diteliti secara empiris, sedangkan T2 adalah struktur normatif. Namun perbedaan itu berarti bahwa penerapan T2 pada terminal minyak tidak memiliki padanan empiris dalam korpus, sehingga pembahasan RQ1 bersifat interpretatif. Tema kelembagaan (T6) dan ketahanan (T7) dikaji pada tingkat badan penegak hukum atau jaringan pelabuhan, bukan pada tingkat fasilitas. Ketiga ketimpangan ini menjadi dasar kehati-hatian pada subbagian berikutnya.

Arsitektur hukum internasional untuk keamanan pelabuhan minyak

Analisis menunjukkan bahwa setiap instrumen menjalankan fungsi yang berbeda (Tabel 3). UNCLOS menetapkan siapa yang berwenang atas perairan dan atas apa. Pasal 22 ayat 2 membolehkan negara pantai mewajibkan tanker dan kapal pengangkut zat berbahaya melintas pada alur laut tertentu. Pasal 23 mewajibkan kapal pengangkut zat berbahaya membawa dokumen dan menaati tindakan pencegahan yang ditetapkan perjanjian internasional. Pasal 25 ayat 2 memberi hak mengambil langkah yang diperlukan untuk mencegah pelanggaran syarat masuk ke perairan pedalaman atau singgah di fasilitas pelabuhan. Pasal 211 ayat 3 memuat persyaratan pencegahan pencemaran sebagai syarat masuk ke pelabuhan atau singgah di terminal lepas pantai (United Nations, 1982). Dengan demikian, UNCLOS memberi dasar kewenangan, tetapi tidak menetapkan prosedur keamanan di dalam pelabuhan.

Tabel 3 membandingkan lima instrumen menurut tujuan, relevansi bagi pelabuhan minyak, relevansi bagi barang berbahaya, dan dimensi yang dicakup. Perbandingan ini disusun dari isi instrumen itu sendiri dan dimaksudkan untuk memperlihatkan pembagian fungsi, bukan untuk meringkas seluruh ketentuan masing-masing instrumen.

Tabel 3. Perbandingan Kerangka Regulasi Internasional

Instrumen	Tujuan utama	Relevansi bagi pelabuhan minyak	Relevansi bagi barang berbahaya	Dimensi
UNCLOS	Tata hukum laut:	Dasar kewenangan negara	Pasal 22 ayat 2 dan Pasal	Kerangka

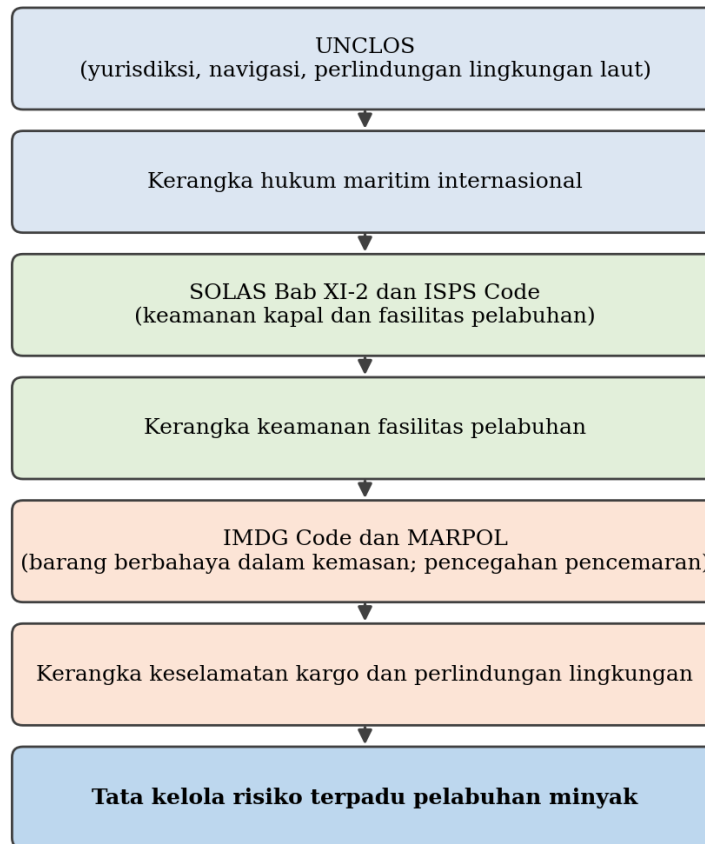
Instrumen	Tujuan utama	Relevansi bagi pelabuhan minyak	Relevansi bagi barang berbahaya	Dimensi
	yurisdiksi, hak lintas, perlindungan lingkungan laut	pantai atas perairan dan syarat masuk, termasuk terminal lepas pantai (Pasal 211 ayat 3)	23 mengatur alur laut dan dokumen bagi kapal pengangkut zat berbahaya	hukum; lingkungan
SOLAS	Keselamatan jiwa di laut	Bab XI-2 memuat langkah khusus keamanan maritim	Pengangkutan barang berbahaya dikaitkan dengan IMDG Code	Keselamatan dan keamanan
ISPS Code	Keamanan kapal dan fasilitas pelabuhan; Bagian A wajib, Bagian B pedoman	PFSA, PFSP, PFSO, tingkat keamanan, pengendalian akses	Mengatur keamanan penanganan kargo, bukan klasifikasi dan pengemasan	Keamanan
IMDG Code	Pengangkutan barang berbahaya dalam kemasan melalui laut secara aman	Berlaku bagi kargo berkemasan yang ditangani di pelabuhan	Inti: klasifikasi, pengemasan, penandaan, dokumentasi	Keselamatan
MARPOL	Pencegahan pencemaran dari kapal	Relevan bagi pencegahan pencemaran minyak dari kapal	Zat berbahaya dalam kemasan diatur pada Annex III	Lingkungan

Sumber: analisis penulis berdasarkan United Nations (1982) dan IMO (1974, 1978, 2003, 2024).

Perbandingan pada Tabel 3 memperlihatkan dua hal yang mudah terlewat. Pertama, tidak ada satu instrumen pun yang menutup ketiga dimensi sekaligus. UNCLOS paling dekat dengan dimensi yurisdiksi dan lingkungan, ISPS Code dengan dimensi keamanan, IMDG Code dengan keselamatan kargo berkemasan, dan MARPOL dengan pencemaran. Kedua, terminal minyak terutama menangani muatan curah cair, sedangkan IMDG Code mengatur barang berbahaya dalam bentuk kemasan (IMO, 2024). Karena itu IMDG Code tidak otomatis menjadi instrumen utama bagi operasi inti terminal minyak. Ia relevan bagi kargo berkemasan yang melewati fasilitas, misalnya bahan kimia berkemasan, sementara pencegahan pencemaran dari muatan minyak curah berada pada MARPOL Annex I dan, untuk zat cair beracun curah, Annex II (IMO, 1978). Penegasan ini penting bagi presisi hukum: pembahasan barang berbahaya pada pelabuhan minyak harus membedakan muatan curah dan muatan berkemasan.

Prosedur keamanan fasilitas berasal dari rezim SOLAS. Bab XI-2 dan ISPS Code mengatur keamanan kapal dan fasilitas pelabuhan, sedangkan ketentuan teknis tentang barang berbahaya diatur melalui IMDG Code (IMO, 1974, 2003, 2024). MARPOL menambahkan dimensi pencemaran (IMO, 1978). Kekuatan arsitektur ini terletak pada pembagian fungsi. Kelemahannya terletak pada tidak adanya instrumen yang secara eksplisit menghubungkan fungsi-fungsi tersebut pada tingkat fasilitas. Penghubung itu harus dibangun oleh negara dan pengelola pelabuhan. Inilah titik yang menurut analisis ini belum terisi pada literatur yang dikaji.

Hubungan antarinstrumen tersebut digambarkan pada Gambar 2. Rantai dimulai dari UNCLOS sebagai kerangka hukum maritim, bergerak ke SOLAS dan ISPS Code sebagai kerangka keamanan fasilitas pelabuhan, lalu ke IMDG Code dan MARPOL sebagai kerangka keselamatan kargo dan perlindungan lingkungan, dan berujung pada tata kelola risiko terpadu.



Gambar 2. Hubungan Konseptual antara UNCLOS, ISPS Code, dan Tata Kelola Barang Berbahaya

Sumber: Konseptualisasi penulis berdasarkan literatur yang dikaji.

Anak panah pada Gambar 2 menunjukkan arah pengaruh normatif dan bukan kewajiban hukum yang otomatis mengalir. Kotak terakhir berwarna berbeda karena ia tidak berasal dari satu instrumen. Tata kelola risiko terpadu adalah hasil kerja negara dan pengelola pelabuhan yang menyambungkan instrumen di atasnya. Gambar ini sekaligus menjadi peta bagi pembahasan RQ1 sampai RQ3 pada subbagian berikut.

ISPS Code sebagai rezim keamanan berbasis risiko (RQ1)

Struktur ISPS Code bersifat berbasis risiko karena menempatkan penilaian sebelum tindakan. PFSA mengidentifikasi aset, ancaman, dan kerentanan fasilitas. Hasilnya menjadi dasar PFSP yang memuat langkah pada setiap tingkat keamanan, termasuk pengendalian akses, pengawasan area terbatas, dan penanganan kargo. PFSO bertanggung jawab atas penyusunan, pelaksanaan, dan pemutakhiran rencana serta menjadi penghubung dengan otoritas dan kapal (IMO, 2003). Pada terminal minyak, logika ini berarti bahwa tangki timbun, manifold, dermaga, dan jaringan pipa perlu diperlakukan sebagai aset yang dinilai, bukan sebagai bagian umum dari area pelabuhan. Penerapan itu merupakan penafsiran penulis atas struktur kode dan perlu dibuktikan melalui studi kasus. Peran PFSO sendiri sedang bergeser. Survei pada pelabuhan peti kemas di Thailand menunjukkan bahwa PFSO memerlukan pengetahuan dan keterampilan keamanan siber dan bahwa tanggung jawabnya akan meluas ke manajemen risiko siber (Senarak, 2021a). Temuan itu berasal dari 73 responden di satu negara, sehingga dibaca sebagai indikasi,

bukan sebagai gambaran Indonesia. Kuesioner terhadap profesional maritim berpengalaman juga menunjukkan kurangnya pengetahuan umum tentang keamanan siber maritim, sehingga tingkat pelatihan perlu ditingkatkan (Alcaide & Llave, 2020).

Mekanisme tingkat keamanan menambah dimensi dinamis. ISPS Code mengenal tiga tingkat keamanan, yaitu normal, ditingkatkan, dan luar biasa, yang ditetapkan oleh pemerintah penandatanganan (IMO, 2003). Pada terminal minyak, perpindahan tingkat berarti perubahan nyata pada pengendalian akses, pemeriksaan kendaraan dan personel, serta pengawasan perairan di sekitar dermaga. Kode ini juga memuat Pernyataan Keamanan (*Declaration of Security*) yang dapat dipakai untuk menyepakati pembagian tanggung jawab keamanan antara kapal dan fasilitas pada antarmuka kapal dan darat. Pada terminal minyak, antarmuka itu adalah titik ketika tanker bersandar dan muatan dipindahkan, sehingga pembagian tanggung jawab di sana penting secara konseptual. Rincian konkretnya, misalnya kapan pernyataan itu diminta, bergantung pada penetapan pemerintah dan rencana fasilitas, dan tidak dibahas dalam korpus.

Rencana keamanan fasilitas juga mencakup area terbatas, tugas personel fasilitas, prosedur menanggapi ancaman, serta pelatihan dan latihan berkala (IMO, 2003). Unsur personel memperlihatkan tautan ke temuan empiris. Jika penyebab kecelakaan barang berbahaya banyak berasal dari faktor manusia dan manajemen (Khan dkk., 2021a) dan jika pengetahuan keamanan siber pada personel maritim tergolong rendah (Alcaide & Llave, 2020), pelatihan dan latihan dalam rencana keamanan fasilitas berpotensi menjadi titik masuk bagi perbaikan lintas ranah. Potensi itu hanya terwujud bila latihan dirancang mencakup skenario keselamatan dan siber, dan tidak berhenti pada skenario penyusupan fisik.

Batas ISPS Code juga perlu dinyatakan. Kode ini memuat ketentuan keamanan penanganan kargo, tetapi tidak mengatur klasifikasi, pengemasan, dan pemisahan barang berbahaya. Kode ini juga berfokus pada ancaman keamanan, sehingga kecelakaan operasional berada di luar inti rezimnya. Kajian Chen dkk. (2019) mendukung pembacaan ini dari sisi lain, karena risiko serangan terhadap instalasi dipengaruhi pula oleh penghalang keselamatan, bukan hanya oleh langkah keamanan. Dengan kata lain, kepatuhan terhadap ISPS Code diperlukan, tetapi belum mencukupi untuk menjawab risiko barang berbahaya.

Dengan demikian jawaban atas RQ1 memiliki dua sisi. Pada sisi keamanan, ISPS Code menyediakan struktur berbasis risiko yang jelas: menilai terlebih dahulu, merencanakan kemudian, menetapkan penanggung jawab, dan menyesuaikan tindakan dengan tingkat ancaman. Pada sisi lain, struktur itu tidak dirancang untuk menangani sumber risiko yang tidak disengaja dan tidak menyediakan sambungan ke aturan kargo. Kekuatan dan batas inilah yang menjadi alasan perlunya lapisan penghubung pada kerangka tujuh tingkat.

UNCLOS dan yurisdiksi maritim (RQ2)

Peran UNCLOS bersifat melapisi, bukan mengoperasikan. Konvensi ini menyediakan dasar bagi negara pantai untuk menetapkan persyaratan masuk dan pencegahan pencemaran, serta menegaskan kewajiban umum melindungi lingkungan laut pada Pasal 192 (United Nations, 1982). Pada konteks Indonesia, kewenangan Bakamla bersumber pada Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2014 tentang Kelautan, sebagaimana dibahas oleh Kurniaty dkk. (2021) dan Palupi (2019). Penelitian ini tidak menilai kesesuaian peraturan nasional tersebut dengan ISPS Code secara rinci. Penilaian itu memerlukan studi normatif tersendiri. Hal yang dapat ditegaskan adalah bahwa UNCLOS paling tepat dibaca sebagai lapisan dasar yurisdiksi dan lingkungan, dan bukan sebagai pengganti ISPS Code atau IMDG Code.

UNCLOS memberi beberapa pegangan konkret bagi negara pantai. Kedaulatan negara pantai meluas ke laut teritorial (Pasal 2), dan negara pantai dapat membuat peraturan tentang lintas damai, termasuk keselamatan navigasi, perlindungan instalasi dan pipa, serta pencegahan

pencemaran (Pasal 21). Lintas dianggap tidak damai bila mencakup pencemaran yang disengaja dan serius yang bertentangan dengan konvensi (Pasal 19). Bagi kapal yang menuju perairan pedalaman atau singgah di fasilitas pelabuhan, Pasal 25 ayat 2 memberi hak mencegah pelanggaran syarat masuk, dan Pasal 211 ayat 3 mengakui syarat pencegahan pencemaran bagi masuk ke pelabuhan atau singgah di terminal lepas pantai (United Nations, 1982).

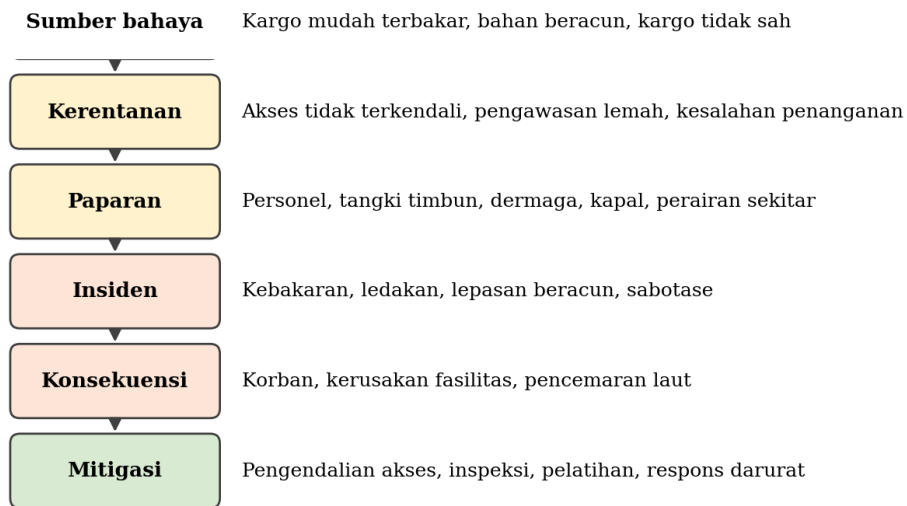
Pada sisi penegakan, Pasal 218 memberi negara pelabuhan kewenangan menindak pembuangan yang melanggar aturan internasional ketika kapal berada secara sukarela di pelabuhan atau terminal lepas pantai, dan Pasal 220 mengatur penegakan oleh negara pantai atas pelanggaran di laut teritorial dan zona ekonomi eksklusifnya (United Nations, 1982). Untuk instalasi di zona ekonomi eksklusif, Pasal 60 memberi negara pantai yurisdiksi eksklusif atas pulau buatan, instalasi, dan bangunan, termasuk yurisdiksi mengenai hukum keselamatan, serta kewenangan menetapkan zona keselamatan yang wajar. Tidak setiap terminal minyak lepas pantai otomatis berstatus demikian, sehingga penilaian per kasus diperlukan.

Dua catatan perlu ditambahkan. Pertama, UNCLOS menetapkan kewenangan dan batasnya, tetapi tidak menetapkan bagaimana sebuah terminal harus menilai kerentanannya atau memisahkan kargo. Pengisian rincian itu diserahkan pada instrumen lain dan hukum nasional. Kedua, kewenangan yang luas tidak otomatis berubah menjadi kemampuan operasional. Afriansyah dkk. (2024) menunjukkan bahwa kewenangan di laut Indonesia tersebar pada banyak lembaga, sehingga pemanfaatan kewenangan yang diberikan UNCLOS pada tingkat nasional bergantung pada koordinasi antarlembaga. Jawaban atas RQ2 dengan demikian adalah bahwa UNCLOS menyumbang dasar kewenangan dan perlindungan lingkungan, sedangkan nilai praktisnya ditentukan oleh sambungan ke instrumen dan lembaga di bawahnya.

Risiko barang berbahaya di pelabuhan minyak (RQ3)

Risiko barang berbahaya dianalisis dengan urutan bahaya, kerentanan, paparan, konsekuensi, dan mitigasi (Gambar 3 dan Tabel 4). Tiga kajian pada kargo berbahaya di pelabuhan memberi dasar empiris untuk sisi keselamatan. Khan dkk. (2021a) menemukan faktor manusia dan manajemen sebagai kontributor utama kecelakaan dan menekankan pelatihan serta protokol keselamatan. Khan dkk. (2021b) menganalisis kapal pengangkut kargo berbahaya saat sandar dan menunjukkan pentingnya pelatihan awak serta faktor lingkungan seperti angin, arus, dan tata letak dermaga. Khan dkk. (2024) menemukan kegagalan kebijakan dan regulasi, kesalahan dan pelanggaran, serta masalah komunikasi sebagai penyebab menonjol pada kegiatan bongkar muat. Ketiganya menggunakan jaringan Bayesian dan penilaian pakar, dan tidak secara khusus meneliti terminal minyak Indonesia. Tseng dan Pilcher (2023) menambahkan sisi deteksi. Berdasarkan kuesioner terhadap 25 pakar, kemampuan deteksi menjadi kriteria utama, disusul kemampuan pemulihan, penyelamatan, dan ketahanan. Mereka menekankan pentingnya menentukan sejak awal barang mana yang tergolong berbahaya agar efek domino dapat dihindari. Temuan ini memperkuat pentingnya identifikasi dan deklarasi kargo (Tingkat 5) serta deteksi (Tingkat 7) pada kerangka.

Gambar 3 menyajikan jalur risiko dari sumber bahaya sampai mitigasi. Jalur ini dibaca dari atas ke bawah, dan setiap simpul disertai contoh yang diambil dari kategori yang dibahas literatur.



Contoh ilustratif dari literatur yang dikaji; bukan data kejadian.

Gambar 3. Jalur Risiko Barang Berbahaya di Pelabuhan Minyak

Sumber: Konseptualisasi penulis berdasarkan literatur yang dikaji.

Gambar 3 menunjukkan bahwa mitigasi bukan titik akhir yang terpisah, melainkan intervensi yang dapat ditempatkan pada setiap simpul. Pengendalian akses bekerja pada kerentanan, inspeksi dan deklarasi bekerja pada sumber bahaya dan paparan, pelatihan bekerja pada kerentanan manusia, dan respons darurat bekerja pada konsekuensi. Contoh pada gambar bersifat ilustratif dan bukan data kejadian.

Tabel 4 menurunkan jalur itu menjadi delapan baris. Setiap baris memuat bahaya, kerentanan, konsekuensi, mitigasi, dan sumber literatur yang mendasarinya. Kolom tingkat kemungkinan sengaja tidak disertakan, dan alasannya dijelaskan pada paragraf setelah tabel.

Tabel 4. Matriks Bahaya, Kerentanan, dan Mitigasi (Kategorisasi Konseptual)

Bahaya	Kerentanan	Konsekuensi	Mitigasi	Dasar literatur
Kebakaran dan ledakan saat penanganan atau penimbunan	Kesalahan penanganan; kegagalan manajemen; pelatihan terbatas	Korban, kerusakan fasilitas, efek domino	Protokol keselamatan, pelatihan, penghalang keselamatan	Khan dkk. (2021a, 2024); Chen dkk. (2019)
Serangan yang disengaja	Akses tidak terkendali; instalasi mudah terbakar berdekatan	Eskalasi domino; kerugian	PFSA, PFSP, pengendalian akses; penghalang keselamatan terintegrasi	IMO (2003); Chen dkk. (2019)
Kecelakaan saat sandar kapal kargo berbahaya	Faktor manusia dan lingkungan; pelatihan awak	Kebakaran, tumpahan	Pelatihan; perencanaan sandar sesuai kondisi lingkungan	Khan dkk. (2021b)
Kegagalan regulasi dan	Pelanggaran aturan;	Kecelakaan	Harmonisasi aturan;	Khan dkk. (2024)

Bahaya	Kerentanan	Konsekuensi	Mitigasi	Dasar literatur
komunikasi saat bongkar muat	komunikasi buruk	bongkar muat	prosedur komunikasi	
Barang berbahaya tidak teridentifikasi atau tidak terdeteksi sejak awal	Identifikasi dan deklarasi kargo lemah	Efek domino pada tahap berikutnya	Penguatan deteksi, pemulihan, penyelamatan, dan ketahanan	Tseng & Pilcher (2023)
Serangan siber pada sistem siber-fisik	Jaringan dan aset siber-fisik; faktor manusia, infrastruktur, dan prosedur; kompetensi siber PFSO	Gangguan operasi; risiko dinilai tidak dapat diterima pada skenario kajian	Penilaian risiko siber terpadu; pelatihan; prosedur berbasis ISPS Code	Gunes dkk. (2021); Senarak (2021a, 2021b, 2024)
Pencemaran laut	Tumpahan minyak atau bahan kimia	Kerusakan lingkungan laut	MARPOL; Pasal 192 dan 211 UNCLOS; respons darurat	United Nations (1982); IMO (1978); Khan dkk. (2021a)
Koordinasi kelembagaan lemah	Otoritas terfragmentasi	Koordinasi operasi melemah	Harmonisasi regulasi; integrasi informasi	Afriansyah dkk. (2024); Kurniaty dkk. (2021); Palupi (2019); Prasetya dkk. (2026)

Catatan: Tingkat kemungkinan sengaja tidak dicantumkan karena tidak ada data empiris tingkat kejadian untuk pelabuhan minyak. Tabel ini bukan penilaian risiko kuantitatif. Sumber: analisis penulis berdasarkan literatur yang dikaji.

Tabel 4 memperlihatkan bahwa kerentanan yang berulang adalah kerentanan manusia, prosedur, dan kelembagaan, bukan kerentanan fisik semata. Baris tentang kebakaran dan ledakan, kecelakaan sandar, serta kegagalan regulasi dan komunikasi menunjuk pada pelatihan, manajemen, dan aturan sebagai titik lemah (Khan dkk., 2021a, 2021b, 2024). Baris tentang deteksi menunjuk pada identifikasi kargo yang lemah (Tseng & Pilcher, 2023). Baris tentang serangan yang disengaja dan serangan siber menunjuk pada akses dan jaringan, dengan penghalang keselamatan dan prosedur berbasis ISPS Code sebagai mitigasi (Chen dkk., 2019; Gunes dkk., 2021; IMO, 2003; Senarak, 2021b, 2024). Baris pencemaran mengaitkan MARPOL dan UNCLOS dengan konsekuensi lingkungan (IMO, 1978; United Nations, 1982), dan baris terakhir menunjuk pada koordinasi sebagai kerentanan sistem (Afriansyah dkk., 2024; Kurniaty dkk., 2021; Palupi, 2019; Prasetya dkk., 2026).

Pola yang konsisten pada ketiga kajian tersebut adalah bahwa penyebab kecelakaan berada pada manusia, manajemen, dan regulasi, bukan semata pada sifat kargo. Implikasinya bagi tata kelola adalah bahwa pengendalian barang berbahaya tidak cukup dilakukan dengan memeriksa dokumen kargo. Pengendalian itu perlu ditanamkan pada struktur tanggung jawab, pelatihan, dan komunikasi antarpihak di fasilitas. Pada titik ini IMDG Code berfungsi sebagai standar teknis, sementara ISPS Code dan tata kelola fasilitas berfungsi sebagai wadah pelaksanaannya. Tabel 4 sengaja tidak memuat tingkat kemungkinan (rendah, sedang, tinggi), karena korpus tidak memuat data empiris tingkat kejadian untuk pelabuhan minyak. Tabel tersebut merupakan kategorisasi tematik konseptual, bukan penilaian risiko kuantitatif.

Keamanan, keselamatan, dan perlindungan lingkungan

Ketiga ranah ini berinteraksi pada peristiwa yang sama. Satu kebakaran tangki dapat berawal dari sabotase (keamanan) atau dari kesalahan penanganan (keselamatan), dan keduanya dapat berujung pada tumpahan (lingkungan). Chen dkk. (2019) menunjukkan bahwa penghalang keselamatan menurunkan konsekuensi serangan yang disengaja dan mengurangi daya tarik sasaran. Hasil ini sejalan dengan matriks Bueger (2015) yang menempatkan keselamatan laut dan ketahanan sebagai konsep yang berhubungan dengan keamanan maritim. Penelitian ini mengambil posisi bahwa ketiganya perlu dikelola dalam satu arsitektur, tetapi dengan tolok ukur, instrumen, dan penanggung jawab yang tetap dibedakan. Peleburan konsep justru berisiko menyamakan pihak yang bertanggung jawab atas setiap jenis risiko.

Pembedaan ini berdampak pada cara menyusun tanggung jawab. Jika satu insiden dapat berasal dari dua jalur, penyelidikan setelah insiden harus mampu menentukan apakah sebabnya disengaja atau tidak, karena jawabannya menentukan rezim yang berlaku dan pihak yang bertanggung jawab. Pada kejadian yang disengaja, ISPS Code dan penegakan hukum menjadi rujukan utama. Pada kecelakaan operasional, standar keselamatan dan manajemen operasi menjadi rujukan, dan pada pencemaran, MARPOL serta ketentuan UNCLOS tentang perlindungan lingkungan laut. Tanpa penghubung, pengelola berisiko menerapkan rezim yang kurang tepat pada awal penanganan.

Fragmentasi kelembagaan dan peran teknologi

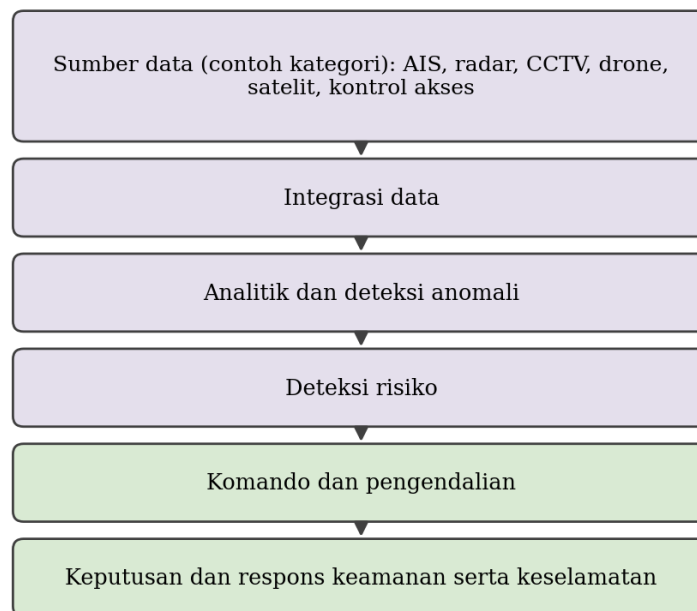
Pada sisi kelembagaan, Afriansyah dkk. (2024) menunjukkan bahwa tata kelola keamanan laut Indonesia terfragmentasi oleh banyaknya lembaga penegak hukum, dan bahwa Bakamla yang dibentuk untuk menyinergikannya masih berkinerja rendah. Kesimpulan mereka adalah perlunya penguatan kelembagaan melalui revisi dan harmonisasi undang-undang terkait. Prasetya dkk. (2026) menemukan bahwa relasi antarorganisasi dan adopsi teknologi informasi meningkatkan kinerja aliansi strategis Bakamla, tetapi otoritas yang lemah membatasi pengaruh langsung terhadap kinerja organisasi. Kurniaty dkk. (2021) dan Palupi (2019) menunjukkan gambaran yang sejalan: kewenangan di laut tersebar pada banyak peraturan dan lembaga, dan pembentukan Bakamla dimaksudkan untuk mengubah pola multi-agency multi-task menjadi single-agency multi-task. Kajian-kajian ini berfokus pada badan penegak hukum maritim, bukan pada fasilitas pelabuhan minyak. Pembacaan atas pelabuhan minyak pada penelitian ini bersifat ekstrapolatif: jika koordinasi antarlembaga di laut sudah terfragmentasi, koordinasi di fasilitas pelabuhan yang melibatkan otoritas pelabuhan, operator terminal, bea cukai, dan aparat penegak hukum kemungkinan menghadapi persoalan serupa. Dugaan ini perlu diuji.

Fragmentasi memiliki konsekuensi khusus bagi pelabuhan minyak. PFSO berada di dalam fasilitas, sedangkan penegakan di perairan sekitarnya berada pada lembaga lain. ISPS Code mengandaikan koordinasi dengan otoritas yang ditunjuk pemerintah (IMO, 2003), sehingga kualitas hubungan itu bergantung pada koordinasi yang menjadi persoalan pada literatur kelembagaan.

Pada sisi teknologi, bukti yang berhasil diverifikasi terbatas pada ancaman siber dan adopsi teknologi informasi. Gunes dkk. (2021) menilai skenario serangan siber pada aset siber-fisik pelabuhan peti kemas dan menemukan risiko yang tidak dapat diterima. Tinjauan sistematis atas penelitian keamanan siber maritim menunjukkan bahwa fokus utama bidang ini adalah teknik penilaian risiko siber serta perangkat pemantauan dan deteksi intrusi (Bolbot dkk., 2022). Tinjauan atas serangan siber pada infrastruktur pelabuhan sejak 2011 menekankan kebutuhan kerangka regulasi yang kuat, solusi teknologi, dan kolaborasi (Badea dkk., 2025). Senarak (2021b) menemukan bahwa kelemahan faktor manusia, infrastruktur, dan prosedur masing-masing berkaitan dengan jenis ancaman siber yang berbeda pada pelabuhan peti kemas di Thailand, dan

menyarankan pelatihan seluruh pekerja serta penerapan prosedur berbasis ISPS Code. Digitalisasi karenanya menambah ancaman, bukan hanya menambah kemampuan. Kajian mengenai kinerja sensor tertentu, seperti AIS, radar, kamera pengawas, wahana nirawak, dan satelit, belum tercakup pada korpus yang terverifikasi, sehingga penelitian ini tidak menyatakan bahwa teknologi tersebut efektif. Teknologi diperlakukan sebagai satu tingkat kerangka dengan syarat tata kelola, yaitu keamanan siber, interoperabilitas antarlembaga, pelatihan operator, dan kewenangan keputusan yang jelas (Gambar 4).

Gambar 4 menggambarkan arsitektur teknologi sebagai alur dari sumber data sampai keputusan respons. Gambar ini bersifat konseptual. Ia menunjukkan urutan fungsi yang diperlukan agar data dari sensor dan kontrol akses dapat menjadi keputusan keamanan dan keselamatan, dan bukan rancangan sistem untuk terminal tertentu.



*Syarat tata kelola: akurasi data, keamanan siber, interoperabilitas antarlembaga, pelatihan operator, dan kewenangan keputusan yang jelas.
 Efektivitas tiap teknologi tidak dinilai dalam kajian ini.*

Gambar 4. Arsitektur Keamanan Pelabuhan Minyak Berbasis Teknologi (Konseptual)

Sumber: Konseptualisasi penulis berdasarkan literatur yang dikaji.

Gambar 4 sengaja memuat kategori sumber data tanpa menilai kinerja masing-masing. Fokus gambar ada pada rantai pengolahan: data dari sensor dan kontrol akses diintegrasikan, dianalisis, diubah menjadi deteksi risiko, lalu dibawa ke pusat komando yang memutuskan respons. Tiga syarat tata kelola pada bagian bawah gambar menjawab temuan literatur. Kelemahan faktor manusia, infrastruktur, dan prosedur berkaitan dengan ancaman siber (Senarak, 2021b), kompetensi siber personel perlu ditingkatkan (Alcaide & Llave, 2020; Senarak, 2021a), dan koordinasi antarlembaga memengaruhi kinerja (Prasetia dkk., 2026). Bila salah satu syarat tidak terpenuhi, manfaat rantai teknologi pada gambar dapat melemah.

Kerangka tata kelola terpadu tujuh tingkat (RQ4)

Hasil sintesis disajikan sebagai kerangka tujuh tingkat pada Gambar 5.

Sintesis tema menghasilkan kerangka tujuh tingkat (Gambar 5). Tingkat 1 adalah landasan hukum yang bersumber pada UNCLOS. Tingkat 2 adalah rezim keselamatan dan keamanan maritim, yaitu SOLAS, ISPS Code, dan instrumen IMO terkait. Tingkat 3 adalah tata kelola fasilitas pelabuhan yang melibatkan otoritas pelabuhan, PFSO, operator terminal, bea cukai, dan aparat penegak hukum. Tingkat 4 adalah manajemen risiko yang mencakup penilaian ancaman, kerentanan, dan risiko serta pemantauan dinamis. Tingkat 5 adalah pengendalian barang berbahaya, mulai dari identifikasi, deklarasi, inspeksi, penimbunan, bongkar muat, hingga pelacakan. Tingkat 6 adalah teknologi. Tingkat 7 adalah respons, yang meliputi deteksi, verifikasi, penahanan, tanggap darurat, investigasi, dan pemulihan.



Gambar 5. Kerangka Tata Kelola Keamanan Pelabuhan Minyak Terpadu

Sumber: Konseptualisasi penulis berdasarkan literatur yang dikaji.

Gambar 5 dibaca dari atas ke bawah sebagai rantai ketergantungan dan bukan sebagai hierarki perintah. Tingkat 1 dan 2 memberi dasar hukum dan standar. Tingkat 3 adalah tempat standar itu bertemu para pelaksana. Tingkat 4 sampai 6 menerjemahkan standar menjadi praktik: menilai risiko, mengendalikan kargo, dan memakai teknologi. Tingkat 7 menutup rantai dengan kemampuan mendeteksi, menahan, merespons, dan memulihkan. Setiap tingkat bergantung pada

tingkat di atasnya, tetapi umpan balik juga mengalir ke atas. Hasil investigasi dan pemulihan pada tingkat 7 seharusnya memperbarui penilaian risiko pada tingkat 4 dan rencana keamanan pada tingkat 3. Umpan balik ini tidak digambar sebagai anak panah agar gambar tetap sederhana, tetapi ia bagian dari rancangan.

Integrasi ini diperlukan karena tiga alasan yang masing-masing bersandar pada temuan di atas. Pertama, ISPS Code dan IMDG Code mengatur hal yang berbeda sehingga kepatuhan pada salah satunya tidak menutup risiko yang diatur yang lain. Kedua, penyebab kecelakaan kargo berbahaya terletak pada manusia, manajemen, dan regulasi (Khan dkk., 2021a, 2024), sehingga memerlukan struktur tanggung jawab di tingkat fasilitas. Ketiga, penghalang keselamatan memengaruhi risiko serangan yang disengaja (Chen dkk., 2019), sehingga perencanaan keamanan dan keselamatan perlu dilakukan bersama. Kontribusi teoretis kerangka ini terletak pada penempatan dasar hukum, rezim keamanan, tata kelola fasilitas, dan pengendalian kargo dalam satu rantai yang dapat ditelusuri. Kerangka ini berbeda dari pembacaan yang memandang ISPS Code atau UNCLOS sebagai sumber tunggal keamanan pelabuhan. Karena bersifat konseptual, kerangka ini belum membuktikan efektivitas. Hasil akhir kerangka adalah ketahanan. Karena kerangka ketahanan pelabuhan yang ada saling tumpang tindih secara konseptual (Mohsendokht dkk., 2025), penelitian ini tidak menambah ukuran ketahanan baru. Ketahanan dipahami sebagai konsekuensi dari tujuh tingkat yang berfungsi bersama. Gangguan akibat bencana alam kerap memengaruhi beberapa pelabuhan sekaligus (Verschuur dkk., 2020), sehingga koordinasi antarpelabuhan dan antarlembaga relevan bagi tingkat 7. Pembacaan ini berasal dari kajian bencana alam dan diperluas ke konteks keamanan sebagai hipotesis.

Kerangka ini menghasilkan beberapa proposisi yang dapat diuji pada penelitian lanjutan. Pertama, terminal yang menautkan penilaian keamanan fasilitas dengan penilaian risiko barang berbahaya akan menunjukkan pembagian tanggung jawab yang lebih jelas antara PFSO dan penanggung jawab operasi. Kedua, latihan yang memuat skenario keamanan, keselamatan, dan siber sekaligus akan mengungkap titik koordinasi yang tidak tampak pada latihan satu skenario. Ketiga, kualitas koordinasi antara otoritas pelabuhan, operator, bea cukai, dan aparat penegak hukum akan berkaitan dengan kecepatan verifikasi dan penahanan pada tingkat 7. Proposisi ini merupakan dugaan yang diturunkan dari sintesis dan bukan temuan.

Kerangka ini juga memiliki batas. Ia tidak menentukan bobot relatif setiap tingkat, tidak menyediakan ukuran kinerja, dan tidak memisahkan terminal di perairan pedalaman dari terminal lepas pantai yang dapat memiliki status hukum berbeda menurut UNCLOS. Ia disusun dari korpus yang kecil, sehingga tingkat tertentu, terutama tingkat 6, bertumpu pada bukti yang sempit.

Pembahasan: mengapa satu instrumen tidak cukup

Subbagian ini merangkum temuan dengan menjawab beberapa pertanyaan yang muncul dari analisis: mengapa ISPS Code saja tidak memadai, mengapa UNCLOS saja tidak memadai, apa yang dapat ditambahkan teknologi, dan apa implikasinya bagi keamanan energi, keamanan maritim, dan perlindungan lingkungan. Jawaban bersifat konseptual dan dibatasi oleh korpus yang terverifikasi.

ISPS Code tidak memadai bila dipakai sendirian karena tiga keterbatasan. Pertama, kode ini berfokus pada ancaman yang disengaja (IMO, 2003), sedangkan kajian kargo berbahaya di pelabuhan menempatkan faktor manusia, manajemen, dan regulasi sebagai penyebab kecelakaan yang menonjol (Khan dkk., 2021a, 2024). Kedua, kode ini tidak mengatur klasifikasi dan pengemasan barang berbahaya, yang berada pada IMDG Code (IMO, 2024). Ketiga, kode ini mengandalkan koordinasi dengan otoritas yang ditunjuk pemerintah (IMO, 2003), sehingga kekuatannya bergantung pada kualitas hubungan antarlembaga yang pada literatur Indonesia dinilai bermasalah (Afriansyah dkk., 2024). Temuan Senarak (2021b) sejalan dengan pembacaan

.....

ini. Prosedur berbasis ISPS Code perlu diterapkan secara ketat, tetapi tetap disertai pelatihan seluruh pekerja dan perbaikan peralatan. ISPS Code dengan demikian merupakan salah satu unsur, bukan satu-satunya.

UNCLOS juga tidak memadai sendirian. Konvensi ini menetapkan kewenangan negara pantai dan negara pelabuhan serta kewajiban umum melindungi lingkungan laut, tetapi tidak menetapkan bagaimana sebuah terminal menilai kerentanan, memisahkan kargo, atau menyusun rencana respons (United Nations, 1982). Kewajiban perlindungan lingkungan pada UNCLOS baru memiliki isi teknis ketika dihubungkan dengan standar seperti MARPOL (IMO, 1978). Kewenangan yang luas pun memerlukan lembaga yang mampu menjalankannya, dan di sini fragmentasi kelembagaan menjadi hambatan (Afriansyah dkk., 2024; Palupi, 2019).

Teknologi dapat memperkuat deteksi dan koordinasi, tetapi korpus menunjukkan dua sisi. Digitalisasi memperluas permukaan ancaman, sebagaimana terlihat pada penilaian risiko siber di pelabuhan peti kemas (Gunes dkk., 2021) dan pada rangkaian kasus serangan terhadap pelabuhan (Senarak, 2024). Teknologi juga menuntut kompetensi personel yang menurut temuan Alcaide dan Llave (2020) serta Senarak (2021a) masih perlu ditingkatkan. Pertanyaan tentang bagaimana teknologi dikaitkan dengan pembagian tanggung jawab di fasilitas tidak terjawab oleh korpus ini dan menjadi agenda penelitian lanjutan.

Implikasi bagi keamanan energi bersifat konseptual. Pelabuhan minyak adalah simpul rantai pasok energi. Kajian domino pada kawasan industri kimia dan kajian gangguan pelabuhan menunjukkan bahwa gangguan pada satu simpul dapat menjalar (Chen dkk., 2019; Verschuur dkk., 2020). Penelitian ini tidak mengukur dampak terhadap pasokan energi sehingga kaitan tersebut adalah hipotesis. Bagi keamanan maritim, kerangka mengikuti Bueger (2015) dengan memperlakukan keselamatan dan ketahanan sebagai konsep yang berhubungan, lalu menambahkan sambungan ke tingkat fasilitas. Bagi perlindungan lingkungan, UNCLOS dan MARPOL menyediakan dasar normatif, sedangkan bukti empiris pada korpus mengenai risiko pencemaran terbatas pada kajian risiko kecelakaan dan pencemaran kargo berbahaya di pelabuhan (Khan dkk., 2021a).

Hambatan kelembagaan yang tampak dari korpus ada empat. Kewenangan di laut tersebar pada banyak peraturan dan lembaga (Palupi, 2019). Koordinasi yang dimaksudkan untuk menyinergikan lembaga belum berjalan optimal (Afriansyah dkk., 2024; Prasetya dkk., 2026). PFSO berada di dalam fasilitas, sedangkan penegakan di perairan sekitarnya dipegang lembaga lain. Terakhir, muatan curah dan muatan berkemasan berada pada rezim yang berbeda sehingga pengelola harus menavigasi lebih dari satu perangkat aturan (IMO, 1978, 2024). Kerangka tujuh tingkat dirancang untuk menjawab hambatan-hambatan ini pada tingkat fasilitas, tetapi efektivitasnya belum diuji.

Relevansi bagi Indonesia dan implikasi kebijakan

Sebagai negara kepulauan dengan banyak lembaga yang berwenang di laut, Indonesia menghadapi persoalan koordinasi yang terdokumentasi pada literatur (Afriansyah dkk., 2024; Prasetya dkk., 2026). Penelitian ini tidak menyajikan jumlah terminal minyak, statistik insiden, atau kapasitas pemerintah karena data tersebut tidak termasuk dalam korpus yang diverifikasi. Rekomendasi berikut diturunkan dari temuan dan bersifat konseptual.

Pemerintah. Mengharmonisasikan regulasi keamanan pelabuhan, pengendalian barang berbahaya, dan perlindungan lingkungan, memperjelas pembagian kewenangan antarlembaga, menyiapkan kerangka regulasi keamanan siber pelabuhan (Badea dkk., 2025), sejalan dengan rekomendasi harmonisasi undang-undang pada Afriansyah dkk. (2024) dan temuan tumpang tindih kewenangan pada Kurniaty dkk. (2021) serta Palupi (2019). Harmonisasi itu perlu membedakan muatan curah dan muatan berkemasan karena

keduanya berada pada rezim yang berbeda (IMO, 1978, 2024).

Otoritas pelabuhan. Memperlakukan penilaian keamanan fasilitas sebagai dokumen hidup yang dikaitkan dengan penilaian risiko barang berbahaya, memastikan pelatihan serta komunikasi antarpihak di fasilitas (Khan dkk., 2021a, 2024), dan memperkuat kompetensi PFSO, termasuk keamanan siber (Senarak, 2021a). Hasil investigasi dan latihan perlu dikembalikan ke penilaian risiko agar penilaian itu tetap relevan.

Operator terminal minyak. Menerapkan protokol keselamatan bongkar muat dan sandar, menyelenggarakan latihan terpadu yang mencakup skenario serangan dan kecelakaan, menilai risiko siber pada aset siber-fisik (Gunes dkk., 2021; Senarak, 2021b), serta memperkuat kemampuan deteksi dan identifikasi kargo berbahaya (Tseng & Pilcher, 2023; Khan dkk., 2021b). Pelatihan keamanan siber bagi personel juga perlu ditingkatkan (Alcaide & Llave, 2020). Latihan terpadu sebaiknya memuat skenario kebakaran, serangan, dan gangguan siber dalam satu rangkaian.

Aparat penegak hukum. Memperkuat pertukaran informasi dan koordinasi dengan otoritas pelabuhan dan operator, dengan memanfaatkan relasi antarorganisasi dan adopsi teknologi informasi (Prasetia dkk., 2026). Pertukaran informasi sebaiknya diatur melalui prosedur yang disepakati dengan PFSO, agar verifikasi dan penahanan pada tingkat 7 tidak bergantung pada hubungan personal.

Kerja sama internasional. Mengacu pada standar IMO sebagai rujukan bersama (IMO, 2003, 2024) dan membagikan praktik baik antarnegara. Penelitian ini tidak membahas mekanisme kerja sama lintas batas secara rinci.

Kelima rekomendasi tersebut tidak disusun menurut prioritas, tetapi sebagian saling bergantung. Harmonisasi regulasi di tingkat pemerintah memudahkan otoritas pelabuhan menetapkan pembagian peran, dan pembagian peran yang jelas memudahkan operator dan aparat penegak hukum berlatih bersama. Rekomendasi ini diturunkan dari temuan konseptual dan perlu diuji pada terminal tertentu sebelum dijadikan standar.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa keamanan pelabuhan minyak memerlukan arsitektur tata kelola yang menghubungkan instrumen hukum yang berbeda fungsi. Jawaban atas RQ1 adalah bahwa ISPS Code menyusun keamanan berbasis risiko melalui PFSA, PFSP, PFSO, dan tingkat keamanan, tetapi tidak mengatur klasifikasi dan pengemasan barang berbahaya. Jawaban atas RQ2 adalah bahwa UNCLOS berperan sebagai lapisan dasar yurisdiksi, navigasi, dan perlindungan lingkungan laut, bukan sebagai pengatur operasi keamanan di dalam pelabuhan. Jawaban atas RQ3 adalah bahwa pengelolaan barang berbahaya dapat diintegrasikan dengan menanamkan standar IMDG Code pada struktur tanggung jawab, pelatihan, dan komunikasi di fasilitas, karena penyebab kecelakaan pada literatur yang dikaji terletak pada manusia, manajemen, dan regulasi, dan kemampuan deteksi dinilai paling penting. Jawaban atas RQ4 adalah kerangka tujuh tingkat yang menghubungkan landasan hukum, rezim keamanan, tata kelola fasilitas, manajemen risiko, pengendalian barang berbahaya, teknologi, dan respons.

Secara teoretis, penelitian ini mengusulkan cara menempatkan keamanan, keselamatan, dan perlindungan lingkungan dalam satu arsitektur tanpa meleburkannya. Secara praktis, penelitian ini menunjukkan titik yang perlu dijembatani oleh pemerintah, otoritas pelabuhan, dan operator terminal. Keterbatasan penelitian ini meliputi korpus sumber yang kecil karena verifikasi yang ketat, pembacaan sumber yang bersandar pada abstrak dan bagian teks terbuka, tidak adanya data lapangan primer, kategorisasi risiko yang konseptual, serta bukti teknologi yang terbatas pada ancaman siber. Selain itu, penilaian kesesuaian regulasi nasional dengan ISPS Code belum

dilakukan secara rinci. Penelitian lanjutan dapat berupa studi kasus pada terminal minyak di Indonesia, wawancara dengan PFSO dan pengelola terminal, studi normatif atas kesesuaian regulasi nasional, penilaian risiko kuantitatif, serta pengujian kinerja teknologi pemantauan.

DAFTAR REFERENSI

- Afriansyah, A., Imanuel, C., & Darmawan, A. R. (2024). Nurturing hero or villain: BAKAMLA as the Indonesian Coast Guard. *Politics and Governance*, 12, 7806. <https://doi.org/10.17645/pag.7806>
- Alcaide, J. I., & Llave, R. G. (2020). Critical infrastructures cybersecurity and the maritime sector. *Transportation Research Procedia*, 45, 547-554. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.058>
- Badea, M., Bucovetchi, O., Gheorghe, A. V., & Raicu, G. (2025). Cyberattacks on port infrastructures: A decade of trends, incidents, and mitigation strategies (2011-2024). *Land Forces Academy Review*, 30(2), 175-189. <https://doi.org/10.2478/raft-2025-0017>
- Bolbot, V., Kulkarni, K., Brunou, P., Banda, O. V., & Musharraf, M. (2022). Developments and research directions in maritime cybersecurity: A systematic literature review and bibliometric analysis. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 39, 100571. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2022.100571>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Bueger, C. (2015). What is maritime security? *Marine Policy*, 53, 159-164. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.12.005>
- Chen, C., Reniers, G., & Khakzad, N. (2019). Integrating safety and security resources to protect chemical industrial parks from man-made domino effects: A dynamic graph approach. *Reliability Engineering & System Safety*, 191, 106470. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.04.023>
- Gu, B., & Liu, J. (2023). A systematic review of resilience in the maritime transport. *International Journal of Logistics Research and Applications*. <https://doi.org/10.1080/13675567.2023.2165051>
- Gunes, B., Kayisoglu, G., & Bolat, P. (2021). Cyber security risk assessment for seaports: A case study of a container port. *Computers & Security*, 103, 102196. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102196>
- International Maritime Organization. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, as amended*. London, UK: Author.
- International Maritime Organization. (1978). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78)*. London, UK: Author.
- International Maritime Organization. (2003). *International Ship and Port Facility Security (ISPS) Code, 2003 edition*. London, UK: Author.
- International Maritime Organization. (2024). *International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code, 2024 edition (Amendment 42-24)*. London, UK: Author.
- Khan, R. U., Yin, J., & Mustafa, F. S. (2021a). Accident and pollution risk assessment for hazardous cargo in a port environment. *PLoS ONE*, 16(6), e0252732. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252732>
- Khan, R. U., Yin, J., & Mustafa, F. S. (2021b). Risk assessment for berthing of hazardous cargo vessels using Bayesian networks. *Ocean & Coastal Management*, 210, 105673. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105673>

-
- Khan, R. U., Yin, J., & Mustafa, F. S. (2024). Seaport hazardous cargo loading and unloading risk assessment using interval type-2 fuzzy sets and Bayesian networks. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*, 10(1). <https://doi.org/10.1061/AJRUA6.RUENG-1120>
- Kurniaty, R., Suryokumoro, H., & Widagdo, S. (2021). The role of Marine Security Agency (BAKAMLA) as sea and coast guards in Indonesian water jurisdiction. *Fiat Justisia: Jurnal Ilmu Hukum*, 15(3). <https://doi.org/10.25041/fiatjustisia.v15no3.2017>
- Lau, Y.-Y., Chen, Q., Poo, M. C.-P., Ng, A. K. Y., & Ying, C. C. (2024). Maritime transport resilience: A systematic literature review on the current state of the art, research agenda and future research directions. *Ocean & Coastal Management*, 251, 107086. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107086>
- Mohsendokht, M., Kontovas, C., Chang, C.-H., Qu, Z., Li, H., & Yang, Z. (2025). Resilience analysis of seaports: A critical review of development and research directions. *Maritime Policy & Management*. <https://doi.org/10.1080/03088839.2025.2483410>
- Palupi, D. A. (2019). The role of Bakamla in law enforcement in Indonesian waters and Indonesian jurisdiction. In *Proceedings of the Social and Humaniora Research Symposium (SoRes 2018)* (pp. 177-179). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/sores-18.2019.41>
- Prasetia, A., Kuncoro, E. A., Kartono, R., & Soepriyanto, G. (2026). Coast Guard's performance: Impacts of interorganizational relations and IT adoptions. *Maritime Technology and Research*, 8(2), 281541. <https://doi.org/10.33175/mtr.2026.281541>
- Senarak, C. (2021a). Cybersecurity knowledge and skills for port facility security officers of international seaports: Perspectives of IT and security personnel. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37(4), 345-360. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2021.10.002>
- Senarak, C. (2021b). Port cybersecurity and threat: A structural model for prevention and policy development. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37(1), 20-36. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2020.05.001>
- Senarak, C. (2024). Port cyberattacks from 2011 to 2023: A literature review and discussion of selected cases. *Maritime Economics & Logistics*, 26(1), 105-130. <https://doi.org/10.1057/s41278-023-00276-8>
- Tseng, P.-H., & Pilcher, N. (2023). A safety assessment model for handling dangerous goods in port operations: The key role of detection capability. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(9), 1704. <https://doi.org/10.3390/jmse11091704>
- United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea*. Montego Bay, Jamaica: Author.
- Verschuur, J., Koks, E. E., & Hall, J. W. (2020). Port disruptions due to natural disasters: Insights into port and logistics resilience. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 85, 102393. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102393>
-